

**THIN FILM MAGNETIC HEAD**

Publication number: JP9305929 (A)

Publication date: 1997-11-28

Inventor(s): TAKADA AKIO; HONDA TADAYUKI; SHIBATA TAKUJI; ABE MORIAKI

Applicant(s): SONY CORP

Classification:

- International: G11B5/39; G11B5/39; (IPC1-7): G11B5/39

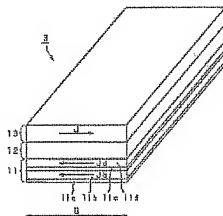
- European:

Application number: JP19960336979 19961217

Priority number(s): JP19960336979 19961217; JP19960057996 19960314

Abstract of JP 9305929 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain stable reproduced output by improving magnetic stability of a magnetoresistance effect film in regard to a thin film magnetic head. **SOLUTION:** A thin film magnetic head is provided with a magnetoresistance effect type stabilizing layer 11 having a hard-magnetic film and a soft-magnetic film, a non-magnetic layer 12 and a magnetoresistance effect type layer 13 having a magnetoresistance effect film. The magnetoresistance effect type stabilizing layer 11 has a non-magnetic film 11c consisting of a nonmagnetic material at least to the part between the hard magnetic film 11b and the soft magnetic film 11d; in this thin film magnetic head, stable magnetostatic coupling effect is generated between the magnetoresistance effect stabilizing layer 11 and magnetoresistance effect layer 13 and thereby the magnetic stability of the magnetoresistance effect type layer 13 as the magneto-sensitive part can be increased.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-305929

(43) 公開日 平成9年(1997)11月28日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>  
G11B 5/39

識別記号 庁内整理番号

FI  
C11B 5/39

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 5 O.L. (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平8-338979

(22) 出願日 平成8年(1996)12月17日

(31) 優先権主張番号 特願平8-57996

(32) 優先日 平8(1996)3月14日

(33) 優先権主張国 日本 (JP)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 高田 昭夫

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 本田 忠行

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 柴田 拓二

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

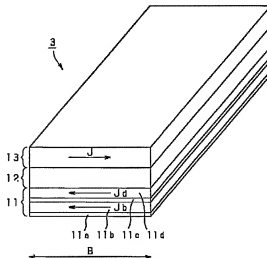
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 薄膜磁気ヘッドについて、磁気抵抗効果膜13の磁気的安定性を向上させて再生出力をより安定なものとする。

【解決手段】 本発明の薄膜磁気ヘッドは、硬磁性膜及び軟磁性膜を有する磁気抵抗効果安定化層11と、非磁性層12と、磁気抵抗効果膜を有する磁気抵抗効果層13とを備えた薄膜磁気ヘッドであって、磁気抵抗効果安定化層11が、硬磁性膜11bと軟磁性膜11dとの間の少なくとも一部に非磁性体からなる非磁性膜11cを有している。この薄膜磁気ヘッドでは、磁気抵抗効果安定化層11と磁気抵抗効果層13との間で安定的に静磁結合作用が生じ、これにより、感磁部である磁気抵抗効果層13の磁気的安定性が高まる。



磁気抵抗効果層を示す斜視図

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 硬磁性膜と軟磁性膜とを有する磁気抵抗効果安定化層と、磁気抵抗効果を示す軟磁性膜を有する磁気抵抗効果層とを備えた薄膜磁気ヘッドにおいて、上記磁気抵抗効果安定化層は、硬磁性膜と軟磁性膜との間の少なくとも一部に非磁性体からなる非磁性膜を有することを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】 上記磁気抵抗効果安定化層は、硬磁性膜の保磁力を向上させる下地層が硬磁性膜の下層に配されていることを特徴とする請求項1に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】 上記磁気抵抗効果安定化層と、上記磁気抵抗効果層との間に非磁性絶縁層が配されていることを特徴とする請求項1に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項4】 上記磁気抵抗効果安定化層は、非磁性膜の膜厚が10nm以下であることを特徴とする請求項1に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項5】 上記磁気抵抗効果安定化層は、非磁性膜の膜厚が0.3〜3.0nmであることを特徴とする請求項4に記載の薄膜磁気ヘッド。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ハードディスク装置等に好適な、磁気抵抗効果によって再生信号を検出する磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 ハードディスク装置のような磁気記録装置においては、大容量化を図るために、更なる高密度記録が求められている。そこで、近年、高密度記録を進めるために、挟トラッキングに達した磁気ヘッドである磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド（以下、「MRヘッド」という。）が採用されるようになってきている。

【0003】 このMRヘッドは、基本的には、図9に示すように、境界の大きさによって抵抗率が変化する磁気抵抗効果膜を有する磁気抵抗効果素子101の両端に電極102が取り付けられて構成される。そして、この磁気抵抗効果素子101に対して両端の電極102からセンス電流を供給することにより、磁気記録媒体からの信号境界による磁気抵抗効果素子101の抵抗変化を検出し、この抵抗変化に基づいて再生出力を得る。このようなMRヘッドは、再生出力が媒体速度に依存せず、媒体速度が遅くても高再生出力が得られるという特徴を有している。

【0004】 ところで、通常、磁気抵抗効果膜は磁氣的に不安定であり、外部境界によって磁気抵抗効果膜内の磁壁が移動してしまう。したがって、MRヘッドでは、磁気抵抗効果素子内の磁気抵抗効果膜の磁壁の移動に起因して、バルクハウゼンノイズが生じてしまうという問題がある。そこで、MRヘッドでは、磁気抵抗効果素子内の磁気抵抗効果膜の磁氣的安定性を確保して、バルク

ハウゼンノイズを低減することが大きな課題となっている。

【0005】 そこで、上述した課題を解決するために、図10に示すように、磁気抵抗効果膜の磁氣的安定性を高めるように作用する磁気抵抗効果安定化層203を有する磁気抵抗効果素子200が提案されている。この磁気抵抗効果素子200は、磁気抵抗効果を示す磁気抵抗効果膜201と、非磁性絶縁膜202と、磁気抵抗効果安定化層203とが積層されて構成されている。ここで、磁気抵抗効果安定化層203は、磁気抵抗効果層201を磁氣的に安定化するためのものであり、保磁力の大きい硬磁性膜204と、保磁力が小さく透磁率が大きい軟磁性膜205とが積層されて構成されている。

【0006】 ここで、磁気抵抗効果安定化層203は、軟磁性膜205が硬磁性膜204上に成膜されているので、磁気抵抗効果安定化層203を構成する硬磁性膜204と軟磁性膜205との間には、交換相互作用が生じる。この交換相互作用は、隣合う2層においてそれぞれの層の部分磁化が同じ方向に向く作用である。

【0007】 このような磁気抵抗効果安定化層203を備えた磁気抵抗効果素子200では、磁気抵抗効果安定化層203と磁気抵抗効果膜201との間に静磁結合作用が生じ、これにより、磁気抵抗効果膜201が磁氣的に安定化される。なお、このような磁気抵抗効果安定化層203では、主に軟磁性膜205の磁気特性が、磁気抵抗効果膜201の磁気特性及び磁気安定性に影響を与えることとなる。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 上述したように、従来、磁気抵抗効果安定化層203を備えた磁気抵抗効果素子200において、磁気抵抗効果安定化層203は、硬磁性膜204と軟磁性膜205とを積層して形成していた。そして、このような磁気抵抗効果素子200において、磁気抵抗効果膜201の磁気特性及び磁気安定性は、硬磁性膜204及び軟磁性膜205に大きく影響を受ける。

【0009】 したがって、磁気抵抗効果安定化層203を構成する硬磁性膜204及び軟磁性膜205は、材料、膜厚及び成膜条件等について、厳密な制御のもとで成膜する必要がある。特に、硬磁性膜204と軟磁性膜205とが積層された磁気抵抗効果安定化層203では、主に軟磁性膜205の磁気特性が、磁気抵抗効果膜201の磁気特性及び磁気安定性に大きく影響を及ぼすため、軟磁性膜205には、非常に厳密な制御が必要であった。

【0010】 しかしながら、磁気抵抗効果安定化層203を構成する硬磁性膜204及び軟磁性膜205の磁気特性を十分に厳密に制御することは非常に難しい。そのため、従来は、磁気抵抗効果安定化層203の磁気特性の制御が不十分で、磁気抵抗効果膜201を確実に単磁

区化することができずに、磁気抵抗効果膜201に磁壁が生じることがあった。そして、磁気抵抗効果膜201に磁壁が生じると、磁壁が磁気抵抗効果膜201において不連続的に移動して、上述したように、バルクハウゼンノイズが生じてしまう。

【0011】本発明は、以上のような従来の実情に鑑みて提案されたものであり、磁気抵抗効果膜を用いた磁気抵抗効果型の薄膜磁気ヘッドについて、磁気抵抗効果膜の磁氣的安定性を向上して再生出力をより安定なものとすることを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するために完成された本発明に係る薄膜磁気ヘッドは、硬磁性膜及び軟磁性膜を有する磁気抵抗効果安定化層と、非磁性層と、磁気抵抗効果膜を有する磁気抵抗効果層とを備えた薄膜磁気ヘッドであり、磁気抵抗効果安定化層が、硬磁性膜と軟磁性膜との間の少なくとも一部に非磁性体からなる非磁性膜を有していることを特徴としている。

【0013】以上のように構成された本発明に係る薄膜磁気ヘッドでは、磁気抵抗効果安定化層を構成する硬磁性膜と軟磁性膜との間に非磁性膜を設けているので、これらの硬磁性膜と軟磁性膜とが強磁性結合する。これにより、磁気抵抗効果安定化層を構成する軟磁性膜は、磁氣的に非常に安定した状態となる。すなわち、この薄膜磁気ヘッドでは、磁気抵抗効果安定化層が非常に安定なものとなる。

【0014】そして、このように硬磁性膜と強磁性結合した軟磁性膜は、磁気抵抗効果層と静磁結合し、磁気抵抗効果層を単磁区化させるように作用する。ここで、軟磁性膜は、硬磁性膜と強磁性結合しているので非常に安定な状態となっている。したがって、軟磁性膜と磁気抵抗効果層との静磁結合も非常に安定なものとなる。すなわち、この薄膜磁気ヘッドでは、磁気抵抗効果安定化層と磁気抵抗効果層との間で非常に安定な静磁結合作用が生じる。この結果、この薄膜磁気ヘッドでは、感磁部として機能する磁気抵抗効果層の磁氣的安定性が非常に高いものとなる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明を適用した具体的な実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、本発明は以下の例に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、形状、材質等を任意に変更することが可能であることは言うまでもない。

【0016】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、磁気抵抗効果安定化層を有する磁気抵抗効果素子3を備えたMRヘッドであり、図1に示すように、下層シールド1と、下層シールド1上に形成された下部ギャップ層2と、下部ギャップ層2上に形成された磁気抵抗効果素子3及び非磁性絶縁層4と、磁気抵抗効果素子3上の先端

部3a及び後端部3b以外の部分に形成された保護層5と、磁気抵抗効果素子3と後端部3bにおいて接続するように、磁気抵抗効果素子3の後端部3bから非磁性絶縁層4上にわたって形成されたセンス電流用導体層6と、磁気抵抗効果素子3及びセンス電流用導体層6上に形成された非磁性絶縁層7と、磁気抵抗効果素子3の上部を横切るように非磁性絶縁層7内に形成されたバイアス電流用導体層8と、磁気抵抗効果素子3と先端部3aにおいて接続するように、磁気抵抗効果素子3の先端部3aから非磁性絶縁層7上にわたって形成された上部ギャップ層9と、上部ギャップ層9上に形成された上層シールド10とから構成される。

【0017】上記MRヘッドにおいて、下層シールド1と上層シールド10は磁性材料からなり、下部ギャップ層2は非磁性絶縁材料からなり、上部ギャップ層9は電氣的に良導体である非磁性材料からなる。そして、下層シールド1、上層シールド10、下部ギャップ層2及び上部ギャップ層9は、磁気記録媒体からの信号磁界のうち、再生対象外の磁界が磁気抵抗効果素子3に引き込まれないように機能する。すなわち、下層シールド1及び上層シールド10が、磁気抵抗効果素子3の上下に下部ギャップ層2及び上部ギャップ層9を介して配されているため、磁気記録媒体からの信号磁界のうち、再生対象以外の磁界は下層シールド1及び上層シールド10に導かれ、再生対象の磁界だけが磁気抵抗効果素子3に引き込まれる。

【0018】一方、センス電流用導体層6及び上部ギャップ層9は、磁気抵抗効果素子3の両端にそれぞれ接続された一対の電極となり、磁気抵抗効果素子3にセンス電流を供給するように機能する。すなわち、磁気抵抗効果素子3は、後端部3bにおいてセンス電流用導体層6と電氣的に接続されており、先端部3aにおいて上部ギャップ層9と電氣的に接続されている。そして、磁気記録媒体から信号磁界を抽出する際に、これらを通じて磁気抵抗効果素子3にセンス電流が供給される。ここで、磁気抵抗効果素子3は、後述するように、磁気抵抗効果安定化層と、非磁性絶縁層と、磁気抵抗効果層とが積層されており、センス電流は磁気抵抗効果層にだけ供給される。

【0019】また、磁気抵抗効果素子3上を横切るように非磁性絶縁層7内に形成されたバイアス電流用導体層8は、磁気抵抗効果素子3にバイアス磁界を印加するためのものである。すなわち、磁気記録媒体から信号磁界を抽出する際に、このバイアス電流用導体層8に電流を流すことにより、より高い磁気抵抗効果が得られるように、磁気抵抗効果素子3にバイアス磁界が印加される。

【0020】このようなMRヘッドを図2中矢印aで示すように媒体摺動面側から見た図1に示す。この図2に示すように、磁気抵抗効果素子3は、磁気抵抗効果安定化層11と、非磁性絶縁層12と、磁気抵抗効果層

13とが積層されてなる。ここで、磁気抵抗効果層13は、上述したように、センス電流が供給されて、記録媒体からの信号を検出する感磁部として機能する。一方、磁気抵抗効果安定化層11は、磁気抵抗効果層13と静磁結合し、磁気抵抗効果層13の磁氣的安定性の向上に寄与する。

【0021】この磁気抵抗効果素子3は、両側面に非磁性絶縁層4が配列されており、磁気抵抗効果素子3は、この非磁性絶縁層4に埋め込まれたような状態となっている。ここで、非磁性絶縁層4は、媒体積層面に露出するため、揺動特性に優れた材料からなることが好ましく、例えば、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $SiN_x$  ( $Si_3N_4$ 等)のようない材料が好適である。

【0022】そして、この磁気抵抗効果素子3の上面の両端部において、磁気抵抗効果層13と電極とが接続されている。すなわち、図1に示すように、磁気抵抗効果素子3の先端部3aにおいて、磁気抵抗効果層13の上面と上部ギャップ層9とが電気的に接続されるとともに、磁気抵抗効果素子3の後端部3bにおいて、磁気抵抗効果層13の上面とセンス電流用導体層6とが電気的に接続されている。ここで、磁気抵抗効果安定化層11は、図2に示すように、側面に非磁性絶縁層4によって絶縁され、上面が非磁性絶縁層12によって絶縁されているので、センス電流が流れるようなことはない。

【0023】このような磁気抵抗効果素子3を用いたMRヘッドでは、磁気抵抗効果層13と磁気抵抗効果安定化層11との間に静磁結合作用が生じるので、磁気抵抗効果層13の磁氣的安定性が高まり、バルクハウゼンノイズが低減される。

【0024】しかも、このMRヘッドでは、磁気抵抗効果層13だけにセンス電流が供給され、この磁気抵抗効果層13だけが感磁部として作用する。したがって、このMRヘッドにおいて、再生出力に寄与する部分の厚さは、磁気抵抗効果層13の厚さだけとなる。そのため、このMRヘッドでは、磁気抵抗効果安定化層11にもセンス電流が流れるようなMRヘッドに比べて、再生出力に寄与する部分の厚さを半減することができる。そして、再生出力に寄与する磁気抵抗効果層13の厚さを薄くすることにより、センス電流の電流密度を上げることができ、このMRヘッドでは高い再生出力を得ることが可能である。

【0025】つぎに、以上のようなMRヘッドに使用される磁気抵抗効果素子3について、より詳細に説明する。

【0026】この磁気抵抗効果素子3は、上述したように、磁気抵抗効果安定化層11と、非磁性絶縁層12と、感磁部となる磁気抵抗効果層13とが積層されて構成される。

【0027】ここで、磁気抵抗効果安定化層11と磁気抵抗効果層13の間に配される非磁性絶縁層12は、A

$l_2O_3$ 等のような電気的な絶縁性を有する非磁性材料からなるものであればよい。そして、この非磁性絶縁層12の膜厚は、挟ギャップ化を図るためにはより薄い方が好ましいが、磁気抵抗効果安定化層11と磁気抵抗効果層13との絶縁を保つ必要があるため、例えば、 $Al_2O_3$ を用いるときには約10nm以上の膜厚とする必要がある。

【0028】また、上記磁気抵抗効果層13は、磁気抵抗効果を有する磁気抵抗効果膜を含んでいればよく、例えば、NiFe等からなる磁気抵抗効果膜だけからなるものであっても、あるいは、Ta等からなる下地層上にNiFe等からなる磁気抵抗効果膜が成膜されたものであってもよい。

【0029】ここで、Ta等からなる下地層上にNiFe等からなる磁気抵抗効果膜を成膜した場合には、磁気抵抗効果膜を(111)配向させることができ、これにより磁気抵抗効果膜の比抵抗を下げることができる。そして、磁気抵抗効果膜の比抵抗の低下は、磁気抵抗効果膜のインピーダンスの低下となるため、このように下地層を設けることにより、MRヘッドの再生出力を向上させることができる。

【0030】そして、上記磁気抵抗効果安定化層11は、図3に示すように、下地層11aと、下地層11aの上に形成された硬磁性膜11bと、硬磁性膜11bの上に形成された非磁性膜11cと、非磁性膜11cの上に形成された軟磁性膜11dとから構成される。この磁気抵抗効果安定化層11は、磁気抵抗効果層13との間に静磁結合作用が生じることによって、磁気抵抗効果層13の磁氣的安定性を向上させる。

【0031】この磁気抵抗効果安定化層11において、下地層11aは、例えばCrからなり、硬磁性膜11bの保磁力(Hc)を増加させるように作用する。ここで、下地層11aの膜厚は、10nm程度とされるのが好ましい。この下地層11aは、硬磁性膜11bの保磁力を向上させるように働くとともに、硬磁性膜11bの磁化の垂直成分を小さくするように働く。すなわち、下地層11aは、硬磁性膜11bの磁気特性の向上に寄与し、その結果として、磁気抵抗効果層13の磁氣的安定性の向上に寄与する。

【0032】硬磁性膜11bは、例えば、CoPt、CoPtCr又はCoNi等の硬磁性体からなり、図3中矢印Jbで示される方向に磁化されている。すなわち、硬磁性膜11bは、その磁化方向Jbが図3中矢印Bで示すトラック幅方向に対して平行となるように磁化されている。

【0033】非磁性膜11cは、例えば $Al_2O_3$ 等の非磁性体からなり、硬磁性膜11b上に形成される。ここで、非磁性膜11cの膜厚は、1分子程度に相当する厚みす法以上あればよい。しかしながら、非磁性膜11cの膜厚は、厚すぎるのも問題であり、10nm程度以下

とすることが好ましい。なお、この非磁性膜11cの膜厚については、後ほど詳細に説明する。

【0034】軟磁性膜11dは、例えば、 $\text{NiFe}$ 又は $\text{NiFe-X}$ （ここで $\text{X}$ は $\text{Ta}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Nb}$ 等である。）等のような軟磁性体からなり、図3中矢印Jdで示される方向に磁化されている。すなわち、軟磁性膜11dは、その磁化方向Jdが図3中矢印Bで示すトラック幅方向に対して平行となるように磁化されている。

【0035】以上のように、磁気抵抗効果安定化層11を、下地層11a上に硬磁性膜11bと非磁性膜11cと軟磁性膜11dとを積層して形成する際は、硬磁性膜11b及び軟磁性膜11dによってMRヘッドのトラック幅方向Bに磁界が発生するように、磁化方向Jbがトラック幅方向Bとなるように着磁された硬磁性膜11bを用いる。このとき、軟磁性膜11dの磁化方向Jdは、強磁性結合によって、硬磁性膜11bの磁化方向Jbと同じ向きとなる。

【0036】そして、このような磁気抵抗効果安定化層11は、磁気抵抗効果層13と静磁結合する。これにより、磁気抵抗効果層13の磁化方向Jは、トラック幅方向Bに揃うこととなり、磁気抵抗効果層13は単磁区化する。その結果、磁気抵抗効果層13は、磁壁の移動等によるノイズが生じることなく、安定に動作することとなる。

【0037】ところで、一般に硬磁性膜は、膜の面内方向に着磁しても、磁化方向を完全に面内方向に向けることは難しく、通常は、面内方向を向いていない磁化成分が残ってしまう。したがって、通常、硬磁性膜11bの磁化成分には、膜に対して垂直方向の成分が含まれている。そして、このような磁化の垂直成分を磁気抵抗効果安定化層11が有していること、磁気抵抗効果層13の磁気的安定性を損なう要因となる。

【0038】しかし、上述のように、硬磁性膜11bと軟磁性膜11dとを非磁性膜11cを介して積層することによって磁気抵抗効果安定化層11を形成した場合は、硬磁性膜11bの磁化成分のうち、垂直成分は軟磁性膜11dによって遮断される。すなわち、磁気抵抗効果安定化層11において、硬磁性膜11bと強磁性結合した軟磁性膜11dには、磁化の垂直成分が生じるようなことがない。そして、磁気抵抗効果安定化層11において、磁気抵抗効果層13の磁化状態に対して影響を与えるのは、主に軟磁性膜11dである。したがって、上記磁気抵抗効果安定化層11では、硬磁性膜11bの磁化の垂直成分が、磁気抵抗効果層13に大きな影響を及ぼすようなことはない。このように、この磁気抵抗効果安定化層11では、硬磁性膜11bの磁化の垂直成分が、軟磁性膜11cによって遮断されるので、上記MRヘッドでは、磁気抵抗効果安定化層11を構成する硬磁性膜11bの磁化の垂直成分に起因する、磁気抵抗効果層13を磁気的に不安定化させる要因は排除される。

【0039】以上のような磁気抵抗効果安定化層11では、上述したように、硬磁性膜11bと軟磁性膜11dとが非磁性膜11cを介して強磁性結合している。そして、上記磁気抵抗効果安定化層11では、この強磁性結合の状態を適切に制御し、磁気抵抗効果安定化層11の磁化曲線が、図4に示すような形状となるようにする。

【0040】この磁化曲線は、単独の材料からなる磁性体の磁化曲線とは異なる形状であり、外部磁界が小さいときには軟磁性的な磁気特性を示しており、外部磁界が大きくなると硬磁性的な磁気特性を示している。

【0041】このような磁気特性は、外部から磁界が印加されたときに、硬磁性膜11bに生じるスピントラップと、軟磁性膜11dに生じるスピントラップと同時に始まらないようにすることにより実現できる。すなわち、磁気抵抗効果安定化層11は、外部から磁界が印加されたときに、まず、軟磁性膜11dにスピントラップが生じ始め、その後、更に磁界が印加されると、硬磁性膜11bにスピントラップが生じ始めるようにする。

【0042】そして、このような状態は、硬磁性膜11bと軟磁性膜11dとの磁気的結合状態を制御することによって、実現することができる。具体的には、後述するように、非磁性膜11cの膜厚を適切に設定することによって、実現することができる。

【0043】ここで、硬磁性膜11bと軟磁性膜11dとの磁気的結合状態について説明するために、磁気抵抗効果安定化層11を構成する硬磁性膜11bと軟磁性膜11dとの間の交換相互作用定数 $A_{ex}$ と、磁気抵抗効果安定化層11の保磁力 $H_c$ との関係を示すシミュレーションによって求めた結果を図5に示す。なお、このシミュレーションにおいて、磁気抵抗効果安定化層11を構成する硬磁性膜11bは $\text{CoPt}$ からなり、軟磁性膜11dは、 $\text{NiFe}$ からなるものとした。

【0044】この図5から分かるように、交換相互作用定数 $A_{ex}$ が大きくなると、磁気抵抗効果安定化層11の保磁力 $H_c$ は大きくなり、交換相互作用定数 $A_{ex}$ が一定の値以上となると、磁気抵抗効果安定化層11の保磁力 $H_c$ は、硬磁性膜11bの保磁力 $H_c$ のレベルに達して一定となる。すなわち、硬磁性膜11bと軟磁性膜11dとを積層して磁気抵抗効果安定化層11を構成しても、交換相互作用定数 $A_{ex}$ が大きくなりすぎると、硬磁性膜11bと軟磁性膜11dとを積層した効果が失われ、単に硬磁性膜だけからなる場合と同じになってしまう。

【0045】したがって、硬磁性膜11bと軟磁性膜11dとを積層して磁気抵抗効果安定化層11を形成する場合は、硬磁性膜11bと軟磁性膜11dとの間に配される非磁性膜11cの膜厚を適切に設定し、硬磁性膜11bと軟磁性膜11dとの磁気的な結合状態が適切なのとなるようにする必要がある。

【0046】そこで、硬磁性膜11bと軟磁性膜11d

との間に配される非磁性膜11cの膜厚と、硬磁性膜11b、非磁性膜11c及び軟磁性膜11dからなる磁気抵抗効果安定化層11の磁気特性との関係を実験によって調べた。

【0047】なお、本実験において、磁気抵抗効果安定化層11を構成する硬磁性膜11bはCOPtによって形成し、非磁性膜11cはCrによって形成し、軟磁性膜11dはNiFeによって形成した。また、硬磁性膜11b、非磁性膜11c及び軟磁性膜11dは、スパッタリングによって成膜し、非磁性膜11cの膜厚は、スパッタリング時の成膜レートや成膜時間を調整することにより制御した。

【0048】図6に、磁気抵抗効果安定化層11の保磁力Hcと、磁気抵抗効果安定化層11を構成する硬磁性膜11bと軟磁性膜11dの間の交換結合境界Heと、上記保磁力Hcと上記交換結合境界Heとの合計Hc+Heとを測定した結果を示す。

【0049】図6には示していないが、非磁性膜11cの膜厚が約0.3nmより薄くなると、交換結合境界Heが急激に減少してしまう。これは、非磁性膜11cの膜厚が薄すぎて、硬磁性膜11bと軟磁性膜11dの交換結合が非常に強くなり、硬磁性膜11bのスピントラフと、軟磁性膜11dのスピントラフが同時に起こるようになってしまっているからである。そして、このような状態だと、軟磁性膜11bの軟磁性特性が失われるため、磁気抵抗効果安定化層11は、磁気抵抗効果層11の磁区を安定化するという役割を果たさなくなってしまう。

【0050】そして、図6から分かるように、非磁性膜11cの膜厚を約0.3nm以上としたときには、保磁力Hcと交換結合境界Heの両方が十分に大きくなる。そして、この状態では、硬磁性膜11bと軟磁性膜11dの交換結合が適度なものとなり、硬磁性膜11bのスピントラフと、軟磁性膜11dのスピントラフが別々に起こるようになる。そして、このような状態だと、軟磁性膜11bの軟磁性特性が発揮され、磁気抵抗効果安定化層11は、磁気抵抗効果層11の磁区を安定化するという役割を果たすようになる。

【0051】ただし、非磁性膜11cの膜厚が厚くなるに従って、保磁力Hc及び交換結合境界Heは徐々に小さくなっていく。そして、非磁性膜11cの膜厚が約3.0nmを越えるような場合には、硬磁性膜11bと軟磁性膜11dの交換結合は殆ど無くなってしまい、磁気抵抗効果層11の磁区を安定化することができなくなってしまう。

【0052】以上のことから分かるように、非磁性膜11cの膜厚によって、磁気抵抗効果安定化層11を構成する硬磁性膜11bと軟磁性膜11dの磁気的結合状態を制御することができる。そして、非磁性膜11cの膜厚を0.3～3.0nm程度とすることにより、硬磁性膜11bと軟磁性膜11dの磁気的結合状態を適切なもの

のとすることができ。すなわち、磁気抵抗効果安定化層11中の非磁性膜11cの膜厚は、0.3～3.0nmの範囲内とすることが好ましい。

【0053】なお、本発明を適用した薄膜磁気ヘッドは、上述したような磁気抵抗効果素子3を有するMRヘッドに限定されるものではなく、例えば、図7に示すような磁気抵抗効果素子3Aを有するMRヘッドであってもよい。

【0054】この磁気抵抗効果素子3Aは、磁気抵抗効果安定化層11Aが、硬磁性膜11eと、硬磁性膜11eの上に形成された非磁性膜11fと、非磁性膜11fの上に形成された軟磁性膜11gとから構成されたものである。この磁気抵抗効果安定化層11Aは、磁気抵抗効果層13に対して上述した磁気抵抗効果安定化層11と同様に作用し、磁気抵抗効果層13の磁気的安定性を向上させる。

【0055】上記磁気抵抗効果安定化層11Aにおいて、硬磁性膜11eは、例えばCOPt、COPtCrあるいはCoNi等の硬磁性体からなり、図7中矢印Jeで示される方向に磁化されている。そして、硬磁性膜11eは、その磁化方向Jeが図7中矢印Bで示すトラック幅方向に対して平行となるように磁化されている。

【0056】また、非磁性膜11fは、例えばAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の非磁性体からなり、上述した硬磁性膜11e上に形成される。ここで、非磁性膜11fの膜厚は、上述の磁気抵抗効果安定化層11の非磁性膜11cと同様、0.0nm以下とすることが好ましく、更には、0.3～3.0nmとすることが好ましい。

【0057】また、軟磁性膜11gは、例えば、NiFe又はNiFe-X（ここでXはTa、Cr、Nb等である。）等からなる軟磁性体からなり、図7中矢印Jgで示される方向に磁化されている。この軟磁性膜11gは、硬磁性膜11eと強磁性結合しているため、硬磁性膜11eと同様にその磁化方向Jgが図7中矢印Bで示すトラック幅方向に対して平行となるように磁化されている。

【0058】更に、本発明を適用した薄膜磁気ヘッドは、上述したような磁気抵抗効果素子3や磁気抵抗効果素子3Aを有するMRヘッドに限定されるものではなく、例えば、図8に示すような磁気抵抗効果素子3Bを有するMRヘッドであってもよい。

【0059】この磁気抵抗効果素子3Bは、磁気抵抗効果安定化層11Bと、磁気抵抗効果安定化層11Bの上に形成された非磁性絶縁層12と、非磁性絶縁層12の上に形成された磁気抵抗効果層13とから構成されている。

【0060】ここで、磁気抵抗効果安定化層11Bは、下地層11aと、下地層11aの上に形成された硬磁性膜11bと、硬磁性膜11bの表面の少なくとも一部に形成された非磁性膜20と、非磁性膜20を介して硬磁

性膜11b上に形成された軟磁性膜11dとから構成されている。なお、図8では、非磁性膜20の成膜状態を図示するために、硬磁性膜11bと軟磁性膜11dとの間を離して図示している。

【0061】この磁気抵抗効果安定化層11Bは、上述の磁気抵抗効果安定化層11、11Aと同様に、非磁性絶縁層12を介して磁気抵抗効果層13と積層されることによって、磁気抵抗効果層13を磁気的に安定化する。

【0062】この磁気抵抗効果安定化層11Bにおいて、非磁性膜20は、例えば $Al_2O_3$ からなり、スパッタ装置によりスパッタリングによって成膜される。このスパッタリングでは、下地層11a上に形成された硬磁性膜11bを基体として用いる。そして、スパッタ装置により、成膜レートや成膜時間等から想定される膜厚が1分子以下の膜厚となるように、硬磁性膜11bの表面に非磁性膜20を成膜する。その結果、非磁性膜20は、1分子程度の膜厚からなる非磁性膜20が硬磁性膜11b上に部分的に形成される。

【0063】以上のように形成された磁気抵抗効果安定化層11Bは、硬磁性膜11bと軟磁性膜11dとの間に部分的に非磁性膜20を介する構造を有することとなる。この磁気抵抗効果安定化層11Bにおいても、軟磁性膜11dの磁化に対して硬磁性膜11bの垂直成分が影響することはない、磁気抵抗効果層13は磁気的に安定なものとなる。

【0064】なお、上述した磁気抵抗効果安定化層11Bでは、下地層11aを有した構成としたが、かかる構成に限定されるものではない。すなわち、磁気抵抗効果安定化層11Bは、下地層11aを形成せずに、硬磁性膜11bと非磁性膜20と軟磁性膜11dとだけを積層したような構成としてもよい。

【0065】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明に係る薄膜磁気ヘッドでは、硬磁性膜と軟磁性膜とが非磁性膜を介して強磁性結合することにより、磁気的に安定した状態で磁気抵抗効果安定化層が形成されている。こ

のため、薄膜磁気ヘッドは、磁気的に安定な磁気抵抗効果安定化層により磁気抵抗効果層が単磁区化されるので、磁気抵抗効果層が磁気的に安定化して再生出力がより安定なものとなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用したMRヘッドの一例を示す要部横断面図である。

【図2】図1に示したMRヘッドを媒体摺動面側から見た要部正面図である。

【図3】図1に示したMRヘッドに用いられる磁気抵抗効果素子の一例を示す斜視図である。

【図4】硬磁性膜と軟磁性膜とが強磁性結合した磁気抵抗効果安定化層の磁気曲線の一部を示す特性図である。

【図5】硬磁性膜と軟磁性膜との間の交換相互作用定数 $A_{ex}$ と、磁気抵抗効果安定化層の保磁力 $H_c$ との関係をシミュレーションによって求めた結果を示す図である。

【図6】硬磁性膜と軟磁性膜との間に配される非磁性膜の膜厚と、磁気抵抗効果安定化層の磁気特性との関係を実験によって調べた結果を示す図である。

【図7】図1に示したMRヘッドに用いられる磁気抵抗効果素子の他の例を示す斜視図である。

【図8】図1に示したMRヘッドに用いられる磁気抵抗効果素子の他の例を示す分解斜視図である。

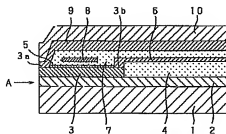
【図9】MRヘッドの基本的な構成を示す模式図である。

【図10】従来のMRヘッドの磁気抵抗効果素子の一例を示す斜視図である。

【符号の説明】

1 下層シールド、2 下部ギャップ層、3 磁気抵抗効果素子、4 非磁性絶縁層、5 保護層、6 センス電流用導体層、7 非磁性絶縁層、8 バイアス電流用導体層、9 上部ギャップ層、10 上層シールド、11 磁気抵抗効果安定化層、11a 下地層、11b 硬磁性膜、11c 非磁性膜、11d 軟磁性膜、12 非磁性絶縁層、13 磁気抵抗効果層

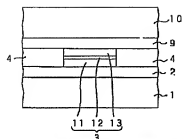
【図1】



MRヘッドの一例を示す要部横断面図



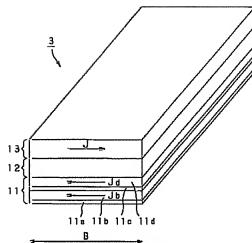
【図2】



1: 下層シールド 4: 非磁性絶縁層 11: 磁気抵抗効果安定化層  
2: 下層パッド層 9: 上層パッド層 12: 非磁性絶縁層  
3: 磁気抵抗効果素子 10: 上層シールド 13: 磁気抵抗効果層

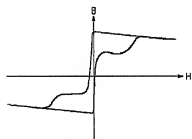
MRヘッドを断体状態から見た要約図

【図3】



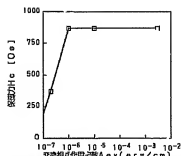
磁気抵抗効果素子を示す要約図

【図4】



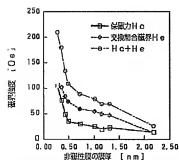
磁気抵抗と磁気特性とが磁気抵抗内した磁気抵抗効果安定化層の  
磁化曲線を示す特性図

【図5】



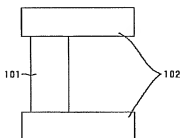
交換相互作用定数  $A_{ex}$  と磁気抵抗効果安定化層の交換力  $H_c$  との関係

【図6】



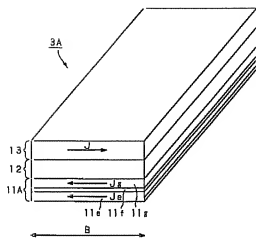
非磁性層の厚さと、磁気抵抗効果安定化層の磁気特性との関係

【図9】



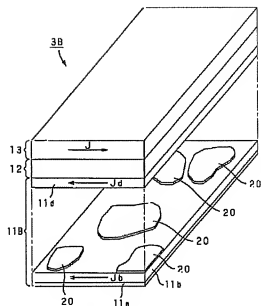
MRヘッドの基本的な構成を示す図

【図7】



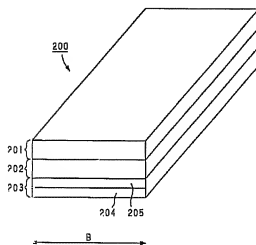
異方性炭素繊維素子の他を示す材料図

【図8】



異方性炭素繊維素子の他を示す材料図

【図10】



定形のM Rヘッドの層状炭素繊維素子を示す例図

フロントページの続き

(72)発明者 阿部 守晃  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
ー株式会社内